

通信方式別極超短波多重通信装置の実例

Multi-Channel Microwave Communication Equipment

Divided by Communication Systems

南 野 幸 雄* 森 村 喬**

内 容 梗 概

一般需要者むきの極超短波無線通信装置を各種通信方式別に分類して、その性能、特色などを二三の実例とともに比較した。すなわち 7,000 Mc FM-FM 方式簡易多重通信装置、7,000 Mc PPM-AM 方式多重通信装置、7,000 Mc PAM-FM 方式多重通信装置、可搬型テレビジョン中継装置の4種をとり上げて、それぞれの特色となる資料を提供した。

〔I〕 緒 言

現在極超短波通信には各種方式が採用されており、これら諸方式はそれぞれ特長を有する。超多重通信は別として一般需要者むきの数十通話路以下の多重通信において、いずれの方式を採用するかはきわめて重要な問題であるが、それぞれの用途に応じて所要性能、通話路数、回線の品質、信頼度、保守の難易、価格などを考慮して定めねばならない。単に電氣的性能のみの観点から各種通信方式を比較する場合でも、比較のための条件の仮定を簡単に定めえないことが多く、まして実用する周波数やマイクロ波真空管の撰択などのごとき実際問題まで考慮に入れた場合、方式決定には精密な検討をする必要がある。

われわれも常に各用途に応じて最適な通信方式を検討し、各種の通信装置を製作納入してきたが、ここにそれらの一部につき紹介し御参考に供するしだいである。

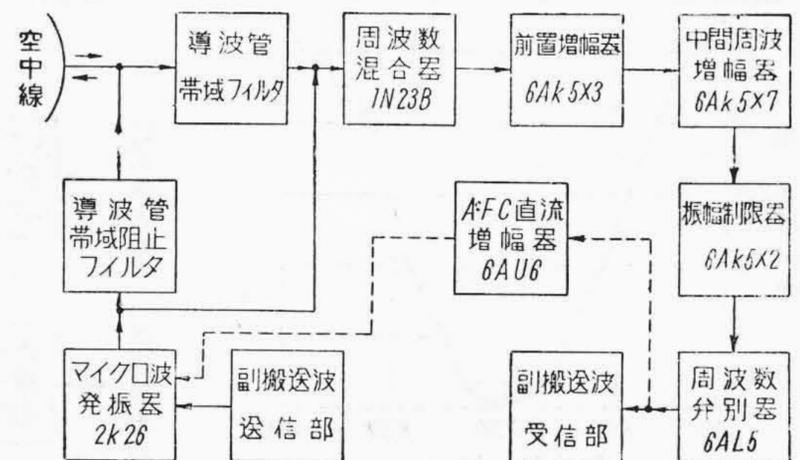
〔II〕 極超短波簡易多重通信装置

通話路数が比較的少く（約 10 以下）回線の品質もあまり高度を要せぬ需要は今後多くの用途を有する可能性が大きい。かくのごとき要求に応ずるマイクロ波簡易多重通信装置は保守の簡便、価格の低廉などに特に重点をおいて設計するべきである。したがって全通話路に比較的共通回路が多く、通話路数が少なくなつてもこの共通回路があまり簡単にならない PPM-AM または PAM-FM のごとき時分割方式はこれらの用途に対して適当でないと考えられる。

また単価ならびに寿命の点からマイクロ波用真空管数をできるだけ少なくするため、送信管と局部発振管とを共用する方式はこの種の用途に適した代表的な一例であるが、PPM-AM 方式ではこの共用方式は原理的に使用できない。

以上の理由から簡易多重通信装置としては周波数分割方式が適していると考えられる。周波数帯域幅を節約できる点では SS-FM 方式がすぐれている。既設の SS 端局を無線機に接続する需要は特別として、かならずしも SS-FM または AM-FM が最良ではなく、FM-FM 方式も考えられる。特に後者は通話路数が少ない場合、副搬送波周波数間隔を大きくとれるから濾波器に対する仕様は楽となり小型化も容易となる。さらに SS-FM または AM-FM と比較して、マイクロ波真空管の変調特性、中間周波増幅器の位相特性および周波数弁別器の直線性などがあまり問題とならないから調整、保守が簡単となる。

かくのごとき簡易多重通信装置の一例として 7,000 Mc 帯 FM-FM 方式を採用した UXFS-014 型装置の概要を述べる⁽¹⁾。本装置は送信管および局部発振管を共用した簡易方式で⁽²⁾⁽³⁾、クライストロン 2K26 を使用しており第 1 図に系統図第 2 図にその外観を示す。送信出力の一部は方向性結合器、減衰器、帯域濾波器を経て混合器に局発電力を供給する。したがって送受周波数差が中間周波数となり、対向する一方の装置にのみ追従式 AFC が加えられ、他方の送信管は温度制御および電源安定化によつて周波数の安定化をしている。おもなる性



第 1 図 UXFS-014型 FM-FM 通信装置回路系統図
Fig. 1. Schematic Diagram of Type UXFS-014 FM-FM Communication Equipment

* 日立製作所本社

** 国際電気株式会社

能は下記のごとくである。

- (1) 通話路数 電信.....4 通信路
模写電信.....1 通信路
電話.....1 通話路

ただし変復調搬送端局部のパネル交換により電話3通話路に簡単に変更可能である⁽⁴⁾。

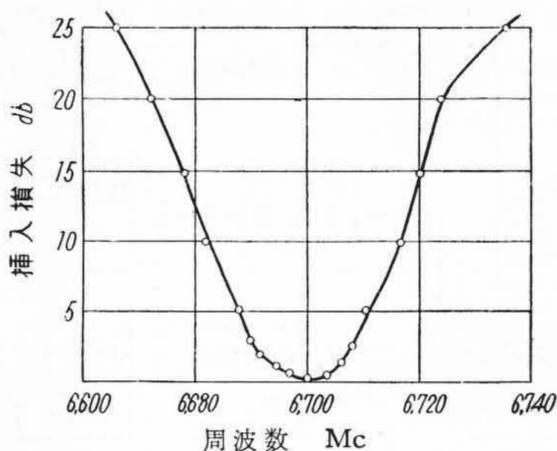
- (2) 周波数範囲 6,585~6,885 Mc の範囲で中間周波数(本装置では45 Mc)だけ離れた2周波
- (3) 送信出力80mW 以上
- (4) 周波数安定度..... $\pm 4 \times 10^{-4}$ 以内
- (5) 最大周波数偏移 ± 600 kc
- (6) 副搬送波周波数 ...160, 190, 224, 260, 305, 360 kc
- (7) 受信機帯域幅4.5 Mc
- (8) 雑音指数15 db 以下
- (9) 信号対雑音比 電信40 db 以上
模写電信, 電話50 db 以上
- (10) 漏話減衰量 電信40 db 以上
模写電信, 電話60 db 以上
- (11) 通信速度.....最高50ボー
- (12) 電源 100/200V, 50/60~, 550VA

この受信機の不要感度特性は⁽⁴⁾, 受信周波数 6,745 Mc, 局部発振周波数 $f_{LO} = 6,700$ Mc, 中間周波数 $f_{IF} = 45$ Mc とした時,

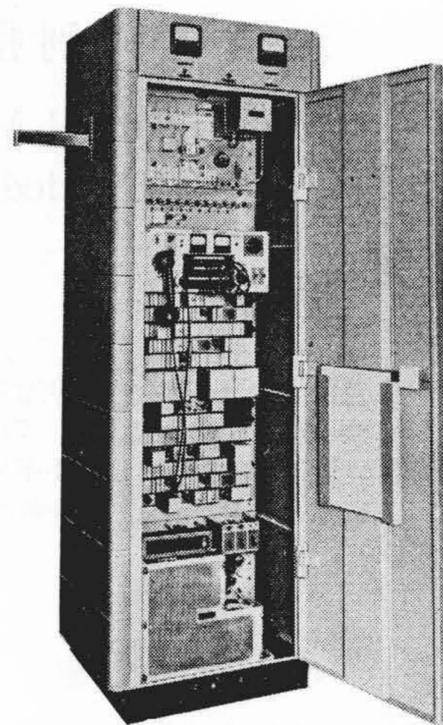
$f_{LO} - f_{IF}$	= 6,655 Mc	36 db
$f_{LO} - f_{IF} / 2$	= 6,677.5 Mc	74 db
$f_{LO} - f_{IF} / 3$	= 6,685 Mc	80 db
$f_{LO} + f_{IF} / 3$	= 6,715 Mc	66 db
$f_{LO} + f_{IF} / 2$	= 6,722.5 Mc	62 db
$f_{LO} + 2/3 \cdot f_{IF}$	= 6,730 Mc	痕跡

この場合マイクロ波受信濾波器の特性は第3図のごとくであつた。 $(f_{LO} \pm f_{IF}/2)$ 成分および $(f_{LO} \pm f_{IF}/3)$ 成分は鉱石の検波特性が2~3乗特性であるため生ずるもので, 理論的検討からこれら数値が比較的妥当であることを確かめることができる⁽⁵⁾。

副搬送波送受信機の系統図を第4図に示す。本装置は



第3図 マイクロ波濾波器特性
Fig. 3. Characteristic of the Microwave Filter



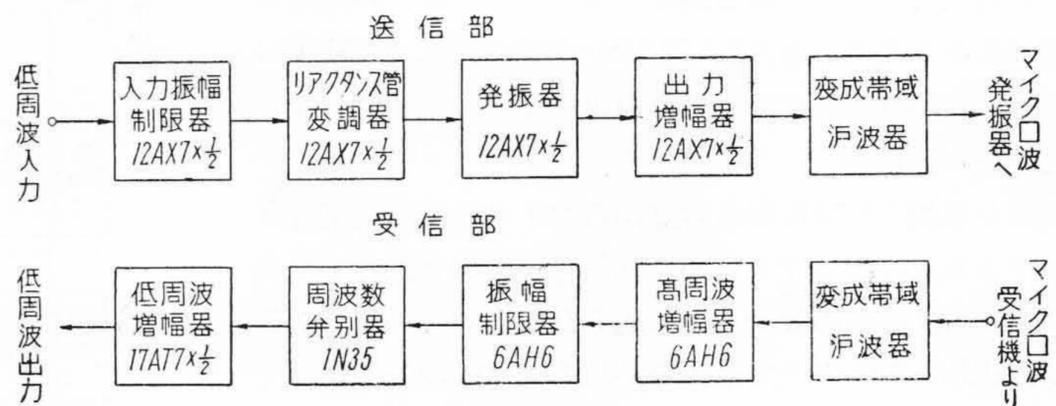
第2図 UXFS-014型 FM-FM 通信装置外観
Fig. 2. General View of Type UXFS-014

マイクロ波において送受共用方式を採用しているため, 搬送端局部としては通常の4線式ではなく2線式となるから, 副搬送波数も側音防止のため通話路数の2倍となる。また電話回線の呼出しは副搬送波停止方式を用い, 受信側では副搬送波の停止により継電器を復旧せしめて A.C. 50~ を送出して受信側電話機のベルを鳴らす。

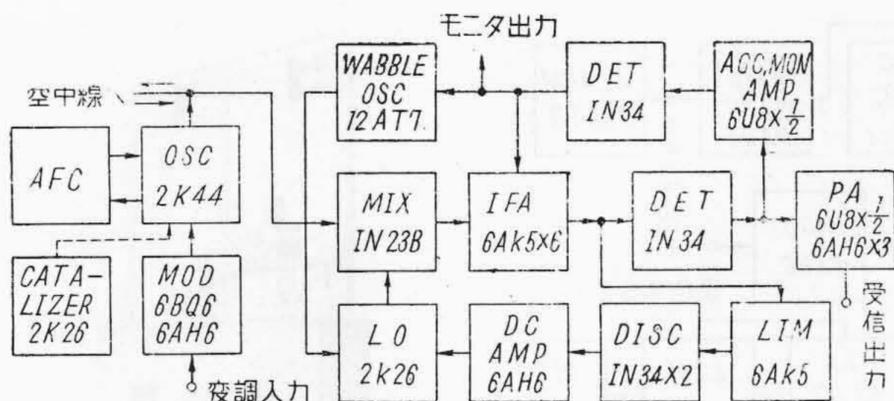
〔III〕 極超短波時分割多重通信装置

時分割多重方式として現在広く採用されたいるのは PPM-AM 方式と PAM-FM 方式である。これら時分割方式の特色は

- (1) 通話路数は普通23~27ch または 40~47ch (PAM-FM のみ) 程度で, 超多重通信は現在のところ困難である。
- (2) 搬送端局装置が非常に簡単で, 周波数分割方式のごとく価格, 占有容積, 重量の点で大きな役割をもつ濾波器が必要でないから, 上記通話路数を最終容量とする通信回線では装置が小型となり通話路当りの経費



第4図 搬送端局系統図
Fig. 4. Schematic Diagram of the Sub-Carrier Transmitter and Receiver Panel



第5図 UXFM-11型 PPM-AM 送受信機系統図
Fig. 5. Schematic Diagram of Type UXFM-11 PPM-AM Microwave Transmitter and Receiver

も少い。

- (3) 一般に通信系が既設有線網と無関係な専用通信に適する。
- (4) 通話路あたりの所要帯域幅は周波数分割 FM 方式に比し大きく、特に PPM-AM 方式でその傾向が大である。
- (5) 無線送受信機の歪が直接漏話に寄与せず通話路の歪にとどまるので、周波数分割 FM 方式に比べて無線送受信機の直線性に対する要求の程度が相当低い。したがって比較的簡単な無線送受信機でよい。

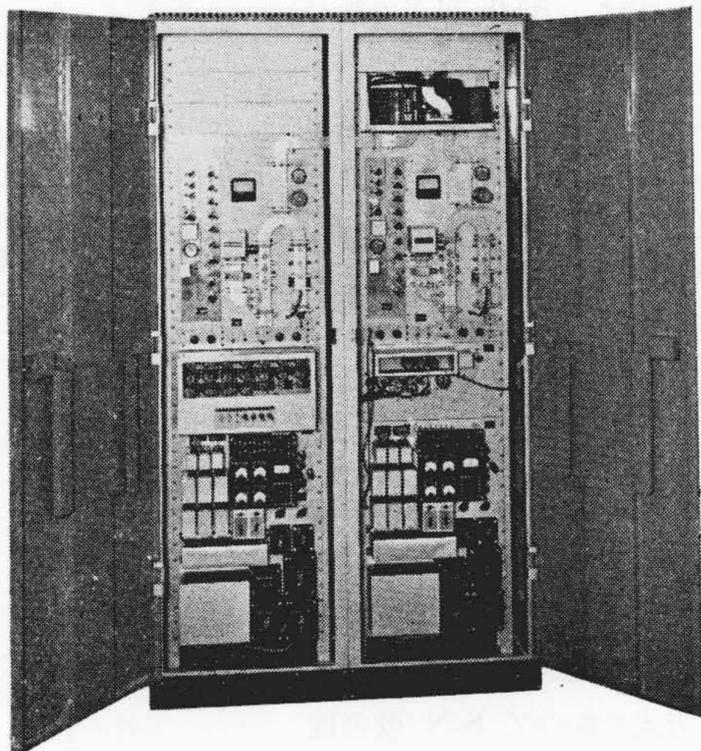
以下 PPM-AM 方式および PAM-FM 方式を採用した装置の概要を述べる。

(A) PPM-AM 方式多重通信装置⁽⁶⁾

本装置の UXFM-11 型無線送受信機系統図を第5図その外観を第6図に示す。主要性能は下記のごとくである。

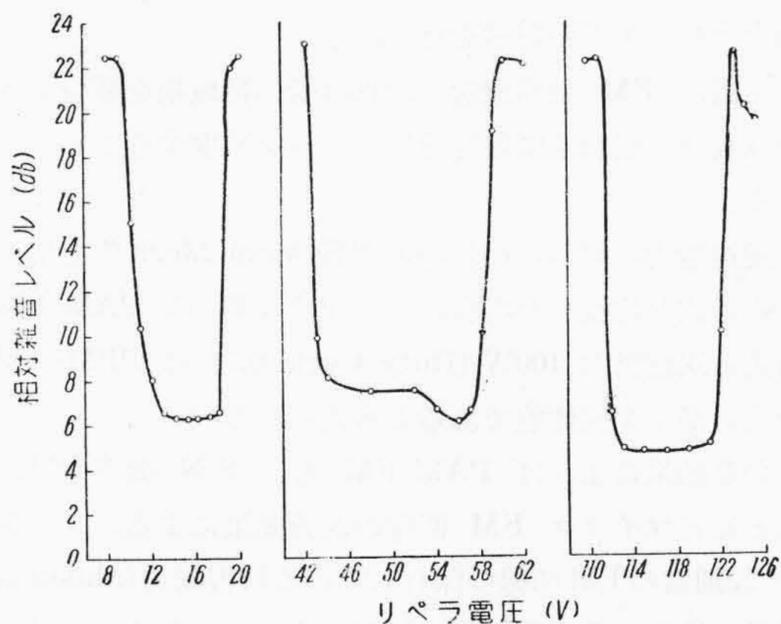
- (1) 通話路数.....23
- (2) 周波数範囲6,500~6,800 Mc
- (3) 送信出力..... 1 W (尖頭値)
- (4) 送信 AFC応動範囲 ± 15 Mc
.....残留偏差 ± 200 kc
.....発振立上り時の応動時間約18秒
- (5) 中間周波数および帯域幅72 ± 4 Mc
- (6) 雑音指数15db 以下
- (7) パルス特性...繰返し 8 kc, 通話路パルス幅0.5μs
同期パルス幅 2μs 1本, 最大偏移 ±1.5μs
- (8) 信号対雑音比50db 以上
- (9) 漏話減衰量60db 以上
- (10) 変調入力および復調出力パルス電圧+3V
- (11) 電源.....200V 50/60~ 500VA

本方式の無線機としてもつとも問題になるのは送信管の発振立上りにおけるジッタ雑音である。本装置ではクライストロン 2K44 を送信管とし、グリッド変調法を採用している。変調入力パルスが到来しない状態でも送信管がきわめて微少な発振を持続しえるように、そのグリ



第6図 UXFM-11A型 PPM-AM 送受信機外観

Fig. 6. General View of the Type UXFM-11A PPM-AM Microwave Transmitter and Receiver



第7図 核発振器による雑音抑制の1特性
Fig. 7. A Noise Suppression Characteristic by the Catalizer

ッド偏倚電圧を調整して立上り雑音を軽減するかまたは核発振器を用いて同様の効果をあげることができる。後者の特性の一例として、核発振器 2K26 のリペラ電圧の変化に対する立上り雑音の相対レベルを示せば第7図のごとくで、約 15~20db の改善を行うことができる。

送信自動周波数制御方式としてはセンシング法を採用し、標準空洞として温度補償を行つた TE₁₁₁ 姿態円筒型を用いている。

スプリアス感度は同一の無線機 10 台に対して試験の結果映像周波数に対して -60db 以下、(局発周波数) ± 1/2 (中間周波数) に対して -72db~痕跡 (-85db 以上) にばらつき、平均約 -80db で、ほかの周波数成分

に対しては -80db 以下であった。

本無線機を中継回線として使用した場合、端局および中継装置、遠方監視視御装置、幅射器、中継局設備などについては文献(6)に詳細に説明されている。

(B) PAM-FM 方式多重通信装置

PAM-FM 方式はパルス振巾変調(この場合正および負)によつて、多重化されたビデオ信号により主搬送波を周波数変調する方式であつて S/N 改善度および混信耐力の点ですぐれている。またパルス位置変調と比較してパルス巾が広くとれ、(23 通話路に対し 2 μ s 巾 46 通話路に対して 1 μ s 巾)通話路数も實際上その 2 倍の容量を有し、

受信機に FM 負饋還をかければ受信帯域幅を減少し広帯域利得を損ねずに限界受信レベルを減少することができる。

通達能力の点からいわゆる“System Merit”を用いて両方式を比較した場合、送信出力 1W の PAM-FM 方式と送信出力 100W (Duty Cycle 0.1) の PPM-AM 方式とがほぼ同性能であると考えられる⁽⁷⁾。

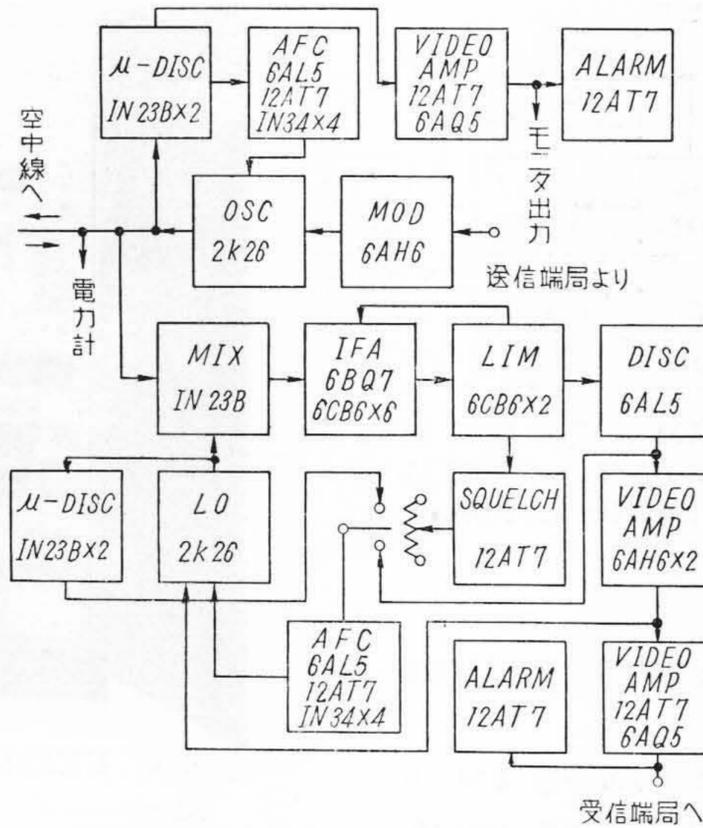
計算結果によれば PAM-FM 方式 S/N 改善効果はほとんどマイクロ FM 回線の改善効果による。したがつて、通常の FM 回線の保有している妨害耐力(Masking 効果)はほとんどそのまま保有することとなる。

FM 方式にて、受信側において FM 負饋還をかけた場合、歪率、クライストロン雑音などの改善およびドロップアウトマージンの逡減には効果あるが、入力雑音による S/N の改善には役立たない⁽⁸⁾。

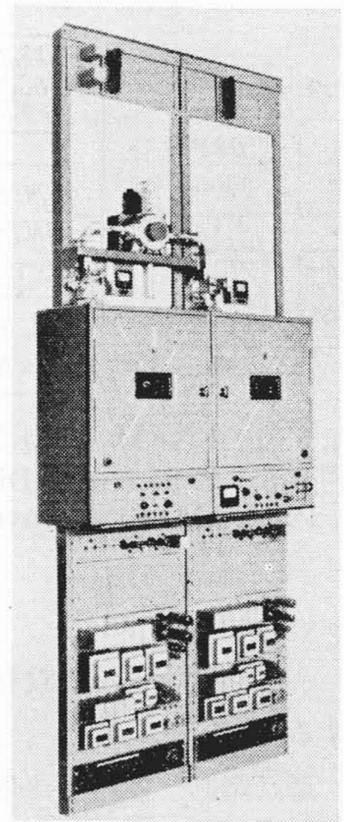
中継の場合には PPM-AM のごとく微方整形ができなく、パルス包絡線を忠実に伝送しなければならない。しかしヘテロダイン中継および Through Repeater の使用が可能である。

PAM-FM 方式送受信装置の系統図を第 8 図、その外観の一例を第 9 図に示す。こゝに示したものの主要性能は下記のごとくである。

- (1) 通話路数.....23 または 46
- (2) 周波数範囲..... 5,925~6,425 Mc または 6,575~6,875 Mc
- (3) 送信出力.....100mW 以上



第 8 図 PAM-FM 方式送受信機系統図
Fig. 8. Schematic Diagram of PAM-FM Microwave Transmitter and Receiver



第 9 図 PAM-FM 方式送受信機外観
Fig. 9. General View of PAM-FM Microwave Transmitter and Receiver

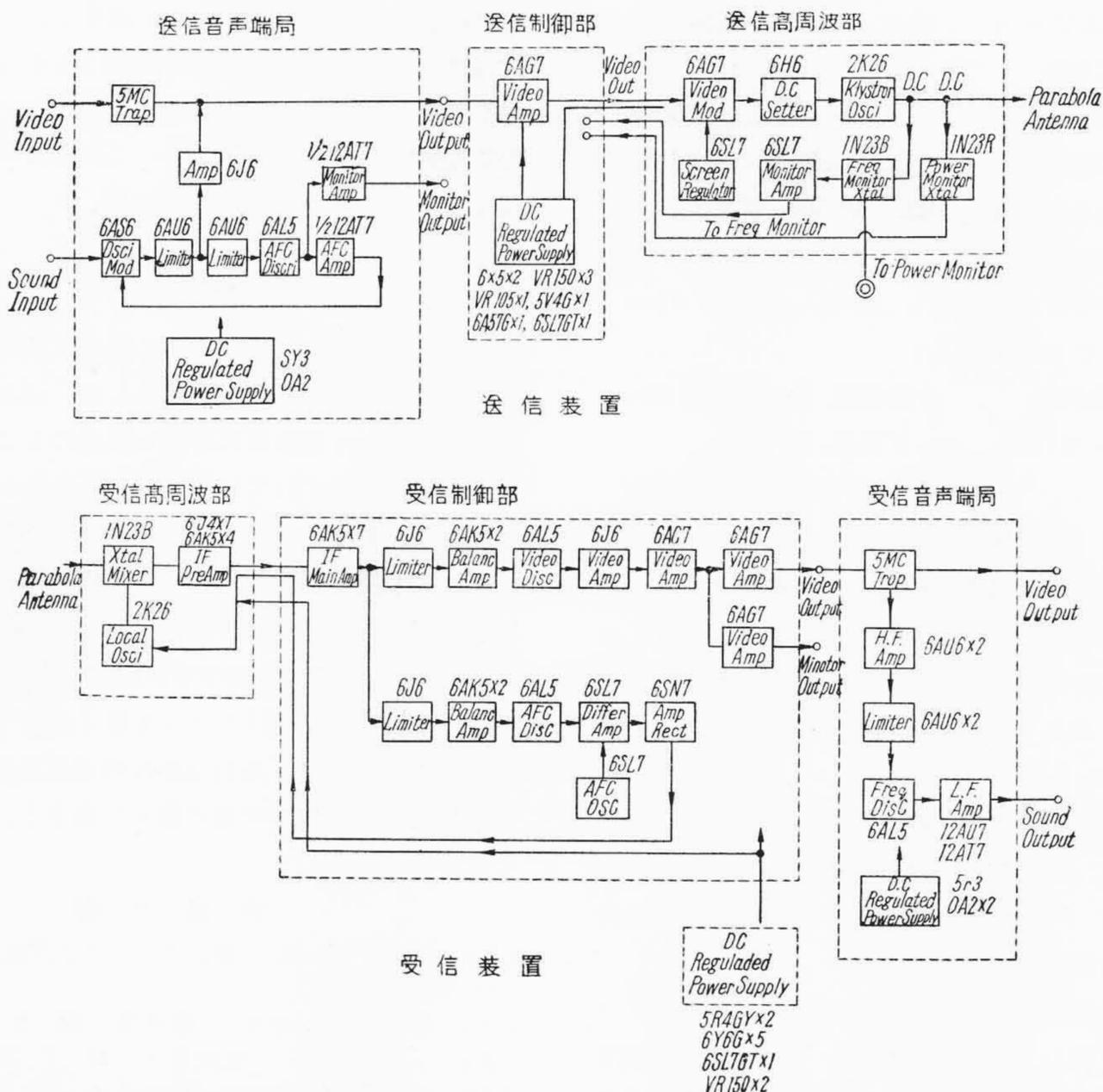
- (4) 周波数安定度..... 5×10^{-4} 以下
- (5) 最大周波数偏位..... ± 2.5 Mc
- (6) ビデオ帯域幅...30c~300kc(23ch), 600kc(46ch)
- (7) 中間周波数および帯域幅.....75 Mc \pm 2 Mc
- (8) 雑音指数.....15db 以下
- (9) 信号対雑音比.....60db 以上
- (10) 漏話減衰量.....55db 以上
- (11) 歪率.....30db 以上
- (12) 電源.....200V 50/60~600VA

送信 AFC には 2 空洞法を用い、マイクロ波周波数弁別器出力をチョップで交流化し増幅して位相弁別器にかけふたたび直流化してその出力を送信管 2K26 のリペラ電源に直列に印加している。また送信回路には単流導波管を用いて long line 効果を防止している。

受信局発振器には正常時追従式 AFC をかけているが、受信波がこない場合には前述の送信 AFC とまったく同様の方法で所定の周波数を維持するようにしている。なお受信部には FM 負饋還をかけており、S/N、漏話、歪率などの値より適当にビデオ高域を制限して負饋還量を決定しており、本装置ではその値は約 10db である。

[IV] 極超短波可搬型テレビジョン中継装置

テレビジョンの信号は周知のようにその周波数成分が数十サイクルより数メガサイクルまでの広帯域にわたっているから、通信方式としても FM 方式がすぐれてい

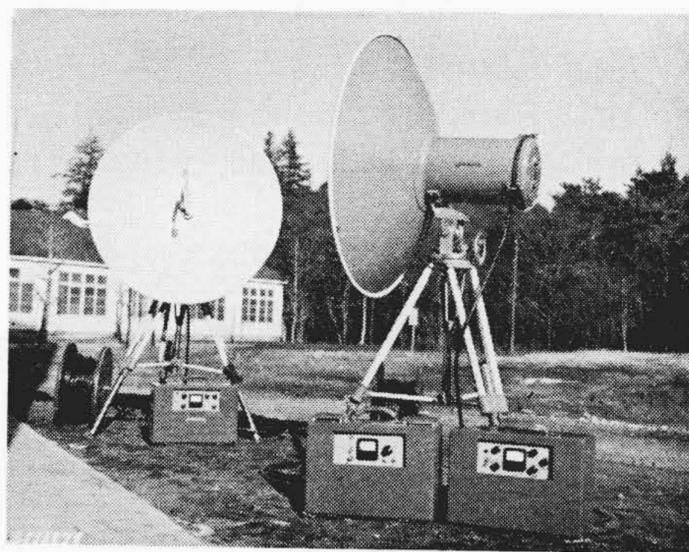


第10図 可搬型テレビジョン中継装置系統図
Fig. 10. Diagram of the Portable Type Microwave Television Relaying Equipment

る。本装置は主としてテレビスタジオと放送局との間の接続を目的としているので可搬型に設計されている。

本装置の系統図を第10図、外観を第11図に示す。おもな性能はつぎのとおりである⁽⁹⁾。

- (1) 主搬送波周波数6,570~7,125 Mc
- (2) 音声副搬送波周波数5 Mc
- (3) 通信方式 映像信号FM
音声信号FM-FM
- (4) 送信出力80mW 以上
- (5) 空中線利得35~37db
- (6) 主搬送波最大周波数偏移±5 Mc
- (7) 受信中間周波数および帯域幅.....70 Mc ±9 Mc
- (8) 映像信号入出力インピーダンス.....75Ω
- (9) 映像信号入出力電圧.....2V (尖頭値対尖頭値)
- (10) 総合映像周波数特性...20c~5Mc, 偏差 1db 以内
- (11) 高周波過渡特性 幅 1μs, 繰返し 5kc, 立上り
0.05μs の入力パルスに対し出力の立上り時間
0.1μs 以内。オーバーシュート 10% 以内。
- (12) 低周波過渡特性 60c の矩形波入力に対し出力の
decay 6% 以内。



第11図 テレビジョン中継装置外観
Fig. 11. General View of Television Relaying Equipment

- (13) 出力ハムレベル57db 以下
- (14) 映像信号対雑音比.....標準入力 -39dbm にお
いて 55db (D. A. P. / R. M. S.) 以上
- (15) 音声副搬送波最大周波数偏移±30 kc
- (16) 送信音声端局入力インピーダンス600Ω
- (17) 送信音声端局入力-6~-10dbm

- (18) 送信音声端局出力.....最大 0.5V (尖頭値対尖頭値) 75Ω
- (19) 受信音声端局出力インピーダンス600Ω
- (20) 受信音声端局出力.....最大 +18dbm
- (21) 総合音声周波数特性...30c~12.5kc. 偏差 3db 以内
- (22) 総合音声端局歪率-40db 以下
- (23) 総合音声信号対雑音比.....標準入力 -39 dbm
において 58db 以上
- (24) AFC 応動特性.....応動範囲 hold in 40 Mc,
Pull in 30 Mc, ループ利得 20 以上
- (25) 電 源..... 100V 50c 210VA (送信側)
450VA (受信側)

本装置は映像信号と同時に放送用音声も伝送することができ、映像信号は帯域阻止濾波器により 5Mc 附近の成分を除去して音声副搬送波と重畳される。副搬送波発振器には AFC がありループ利得 20 以上で周波数変動は 1kc 以内である。

送信管および局発管は恒温槽におさめ、恒温槽周囲温度-10~50°C において槽内温度の立上りは約 4~7 分、温度変化の幅は 7~15°C 以内であり、したがって温度変化による周波数変動はきわめて少い。

送信周波数および出力の監視は高周波部より多芯ケーブルで約 10m 離しうる制御部に導いてあり、制御部では映像信号の代りに電源の波形を切換えていれることができる。したがって周波数および出力の検波出力をブラウン管オシロの縦軸に加え、横軸を電源周波数で掃引すればクライストロンの出力波形と波長計の作用によるディップが加わった像があらわれるので周波数および周波数偏移の調整を容易に行うことができる。

受信追従式 AFC は映像信号の変化には応動せず同期

信号の尖端の周波数の変化に追随するよう弁別器の周波数特性を作つてある。弁別器出力により AFC 差動増幅器を制御し、AFC の増幅回路は 100kc の発振器の出力を差動増幅器で増幅し、さらに次段で増幅、整流して局発管のリペラ電圧に用いている。

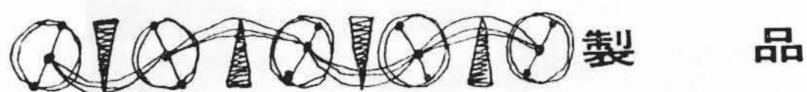
〔V〕 結 言

以上各種の通信方式を用いた極超短波無線通信装置の特長および実例の二、三を紹介した。通話路数が多くなり中多重または超多重になると現在のところ SS-FM 方式がもつともすぐれていると考えられるが、これについては多くの文献⁽¹⁰⁾があるので本文では省略した。

終りに本資料の作製に当つて国際電気株式会社本社工場早川工場長、日立製作所中央研究所浜田主任研究員、高田主任研究員、日立製作所戸塚工場東副部長、俣田課長の方々の御好意を受けたことを厚く感謝する。また終始御指導御鞭撻を受けた日立製作所通信事業部田口次長、三木電子工業部部長代理に謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) 長浜, 松井, 朝比奈: 日立評論 37 1547 (昭 30-11)
- (2) 阪本, 岡村ほか: 信学誌 35 5 219(昭 27-5)
- (3) 上領, 石井: 電波日本 51 7 (昭 27-7)
- (4) 長浜: 日立評論, 別冊 6号 65 (昭 29)
- (5) 南野: 信学秋大 67 (昭 30-10)
- (6) 三木ほか: 日立評論 37 1605 (昭 30-12)
- (7) 江崎: 三学会連大 731 (昭 31-4)
- (8) 尾佐竹, 物井: 信学誌 33 591 (昭 30-8)
- (9) 関口, 安藤, 宇佐美, 後藤: 日立評論 38 605 (昭 31-4)
- (10) たとえばマイクロウェーブ特集号, 通研月報 7 4 (昭 29-4)

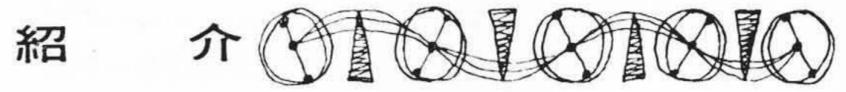


ウェスタン社向輸出通信ケーブル

Communication Cables
for Western Electric Co.

米国における通信網の拡充はその規模がきわめて大きく、ウェスタンエレクトリック社では通信ケーブルを世界各国に発注している。

日本へも発注にさきだつてウェスタン社技師が派遣され、電線メーカーに対する工場審査が行われたが、その結果日立電線はその製造技術および設備の優秀さが認めら



れ、同社との長期契約が結ばれた。

今回日立電線と同社と契約した品目は導体径26, 24および22AWG, 対数 26~1,818 対の市内対型鉛被ケーブルである。

この通信ケーブルは国内の規格と相当異り、製造上幾多の困難があつたが、日立電線ではきわめて短期間にこれらの難関を克服し良好な試験成績で順調な生産をつづけ、昭和30年9月より毎月約30万フィート(約2,000万円)が船積みされている。